



2015

Año Internacional
de los Suelos



5º Seminario sobre
Compostaje
doméstico y comunitario

**Granada
octubre
2015**



COMPOSTA..
RED



Amigos de
la Tierra



Diputación
de Granada

Utilización de residuos orgánicos compostados para la recuperación de suelos contaminados

Francisco Cabrera Capitán

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS)

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)



Instituto de
Recursos Naturales
y Agrobiología
de Sevilla



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD



CSIC

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

DE RESIDUO A RECURSO

El Camino hacia la Sostenibilidad

Editores Científicos

J. Moreno - R. Moral - J.L. García Morales - J.A. Pascual - M.P. Bernal

III Recursos Orgánicos: Aspectos agronómicos y medioambientales

4 Residuos orgánicos en la restauración/rehabilitación de suelos degradados y contaminados

COORDINADOR: Francisco de Paula Cabrera Capitán

AUTORES: M^a Teresa Hernández Fernández
Carlos García Izquierdo
Florencio Ingelmo Sánchez
M^a Pilar Bernal Calderón
Rafael Clemente Carrillo

Francisco de Paula Cabrera Capitán
Engracia M^a Madejón Rodríguez
Alegria Cabrera Mesa
Lucía Cox Mesa



Residuos orgánicos en la
restauración /rehabilitación
de suelos degradados y
contaminados

**Capítulo 1. Enmiendas orgánicas para la
recuperación ecosostenible de suelos
degradados**

**Capítulo 2. Enmiendas orgánicas para la
restauración de la fertilidad del suelo**

**Capítulo 3. Enmiendas orgánicas para la
recuperación de suelos contaminados por
elementos traza**

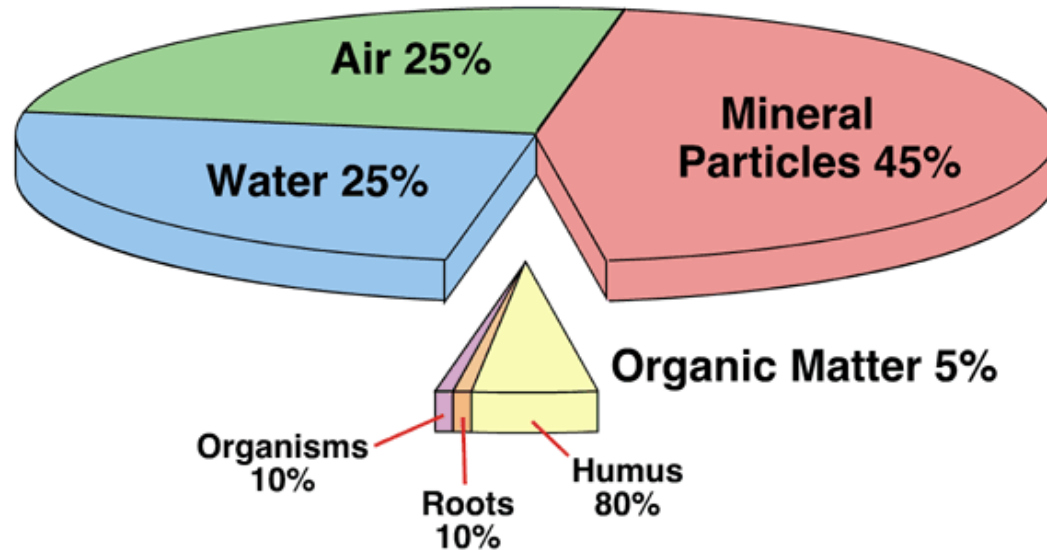
**Capítulo 4. Enmiendas orgánicas para la
recuperación de suelos afectados por la
minería**

**Capítulo 5. Enmiendas orgánicas para la
recuperación de suelos contaminados por
plaguicidas .**

Composición volumétrica de un suelo mineral

El suelo es una mezcla de

- Sólidos inorgánicos
- Sólidos orgánicos: organismos, raíces, humus
- Aire
- Agua



La materia orgánica

- constituye **sólo el 2-6% del peso** de la fase sólida
- tiene gran influencia en las propiedades de los suelos:
 - **físicas** (formación de estructuras, retención de agua, etc.)
 - **químicas** (es la principal fuente de S y P y la única de N)
 - **biológicas** (es la **principal fuente de energía para los organismos del suelo responsables de la actividad bioquímica**)

La fase sólida orgánica está formada por:

- tejidos animales y vegetales **parcialmente descompuestos**, que están sujetos a una continua descomposición
- el **humus** es el **producto más resistente** de la descomposición de los tejidos o de los compuestos orgánicos sintetizados por los microorganismos.

El humus

- tiene generalmente **color negro o marrón oscuro**
- naturaleza **coloidal**; **alta superficie específica**; **carga eléctrica**
- **capacidad de retención de agua y de nutrientes** mucho mayor que la de los componentes sólidos inorgánicos del suelo
- su presencia en el suelo **aumenta la actividad química, bioquímica y biológica** de los suelos



En el suelo conviven organismos vivos de muchos tamaños; desde grandes **roedores, lombrices, insectos** hasta **bacterias** que **determinan la actividad del mismo**.

El número y el peso de organismos es muy variable

- en 1 g de suelo hay entre **10^5 y 10^9 bacterias**.
- En la capa arable (15 cm) de una ha de un suelo pueden encontrarse:
 - **400-5000 kg de bacterias**
 - **400-5000 kg de actinomicetos**
 - **1000-15000 kg de hongos**
 - **10-500 kg de algas**
 - **20-200 kg de protozoos**
 - **10-150 kg de nematodos**
 - **5-150 kg ácaros**
 - **5-150 kg colémbolos**
 - **100-1500 de lombrices**
 - **10-100 kg de otra microfauna**



El suelo debido a su composición:

- tiene la capacidad de neutralizar, adsorber/absorber, precipitar, degradar y eliminar la toxicidad de las sustancias que llegan a él.

Capacidad buffer. Resiliencia (Capacidad inherente para restaurar los procesos que sustentan la vida en el suelo, a condición de que la perturbación creada, especialmente por las actividades humanas, no sea demasiado drástica, y se deje tiempo suficiente para que estos procesos se restauren por sí mismos).

- es un sumidero geoquímico de contaminantes
- es un gigantesco sistema de biodegradación, capaz de incorporar residuos vegetales y animales hasta hacerlos indistinguibles de él mismo.

CONTAMINACIÓN DE LOS SUELOS

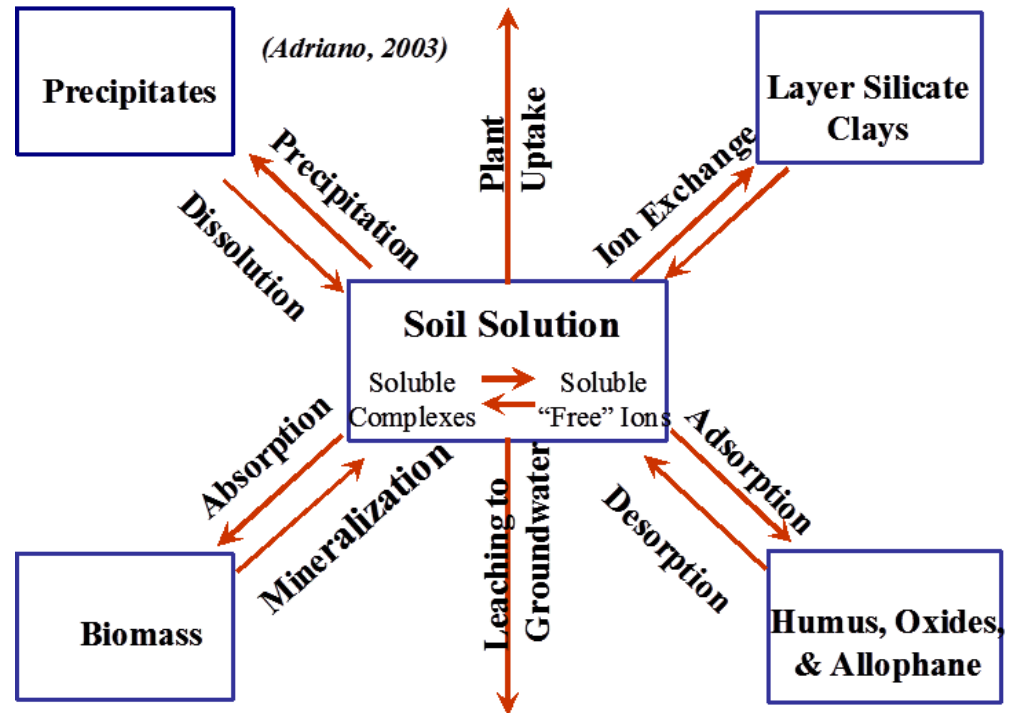
- Aparece **cuando se sobrepasa la capacidad buffer** del suelo
- **Un suelo está contaminado cuando contiene un determinado componente, resultado de su exposición a determinada actividad humana, que no tiene otro suelo similar no expuesto a dicha actividad.**
- La presencia de un contaminante no siempre daña el funcionamiento del suelo

DESTINO DE LOS CONTAMINANTES EN EL SUELO

Los contaminantes experimentan en el suelos una serie de procesos físicos, químicos y biológicos (biodegradación, transformación química, estabilización, volatilización) que tienden su **inmovilización** y a la **disminución de su toxicidad**.

La inmovilización no es irreversible

Recuperación Natural



Movilidad y disponibilidad de los contaminantes en el suelo (1)

Los contaminantes pueden encontrarse en el suelo en distintas formas:

- en la **disolución del suelo**
- unidos a los minerales del suelo (minerales de la arcilla, óxidos cristalinos y amorfos)
- en las **estructuras cristalinas** de los minerales del suelo
- unidos a la **materia orgánica**, etc

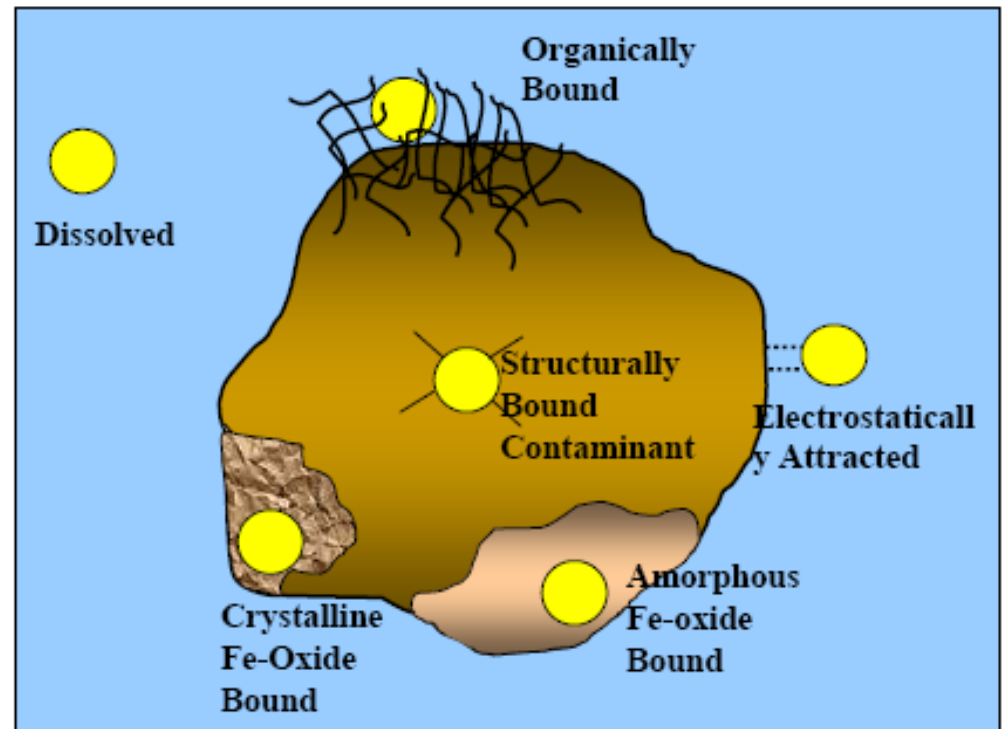


Figura 20. Distintas formas en que se encuentran los contaminantes en el suelo.

Movilidad y disponibilidad de los contaminantes en el suelo (2)

La permanencia de los contaminantes en estas forma depende de pH, fuerza iónica, temperatura, potencial redox, etc)

Existe equilibrio (intercambio) entre las formas retenidas en las superficies y las que están en disolución

- En disolución son más móviles, susceptibles de emigrar a suelos adyacentes, aguas subterráneas o superficiales, o de ser tomados por los organismos (biodisponibilidad)

La contaminación depende de la movilidad/biodisponibilidad

Movilidad y disponibilidad de los contaminantes en el suelo (3)

Contaminante biodisponible: aquella fracción de masa total de un componente de un suelo, que puede ser tomada por los organismos.

Una sustancia biodisponible para las plantas (fitodisponible), tiene que

- estar en contacto con las raíces
- ser móvil
- estar en una forma accesible

La fitodisponibilidad depende de factores

- del suelo (pH, potencial redox, textura, materia orgánica, composición mineral, régimen hídrico)
- de la propia planta.

Movilidad y disponibilidad de los contaminantes en el suelo (4)

La fracción biodisponible está constituida fundamentalmente por

- las fracciones del elemento **soluble**
- **intercambiable** (existente en los sitios de intercambio catiónico o aniónico de los componentes del suelo)

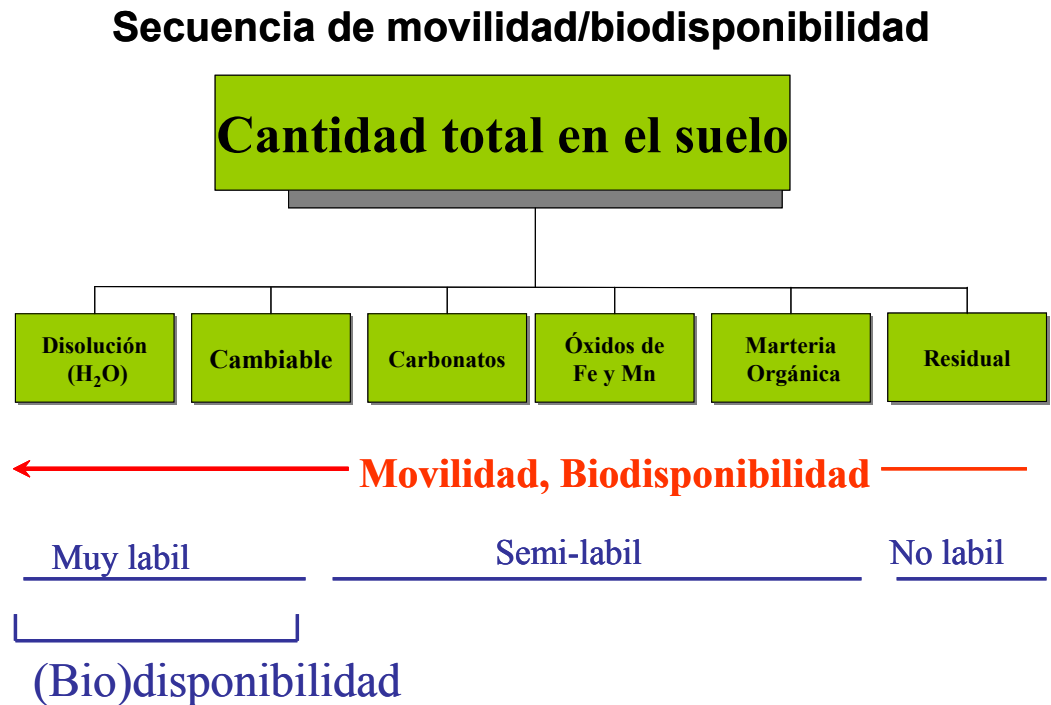


Figura 21. Secuencia de movilidad y biodisponibilidad de elementos traza en el suelo

RECUPERACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS

- Proceso por el cual **se eliminan** los contaminantes de un medio (**o se reduce la toxicidad de los mismos**) mediante métodos químicos, físicos o biológicos.

Métodos clásicos de recuperación de suelos contaminados

1. Remoción y traslado a vertedero
2. Aislamiento. Cubrimiento
3. Mezclando de la capa superficial contaminada con las más profundas (Dilución)
4. Recuperación agrícola: aplicación de enmiendas (caliza, fosfatos, materia orgánica)

Clasificación según la técnica

Aislamiento

- Cubrimiento
- Barrera superficiales

Inmovilización

- Solidificación/estabilización
- Vitrificación

Extracción

- Lavado
- Extracción pirometalúrgica
- Lixiviado *in situ*
- Tratamiento electrocinético

Reducción de la movilidad y toxicidad

- Tratamientos químicos
- Tratamientos biológicos (Biorrecuperación)

- Bioacumulación
- Fitorrecuperación
 - Fitoextracción
 - Fitoestabilización
 - Rizoestabilización
 - Fitovolatilización
 - (Fitodegradación)

Separación física

Recuperación abiótica vs biótica

El objetivo de la recuperación es **eliminar** o **disminuir** la contaminación y **restaurar la calidad** del suelo

Métodos abióticos

- ☹ drásticos
- ☹ caros
- ☹ consumen mucha energía
- ☹ dejan el suelo alterado

Métodos bióticos

- 😊 favorecen los procesos de autorrecuperación
- 😊 dejan el suelo biológicamente activo
- ☹ lentos

Nuevas tendencias

Si no puedes con tu enemigo, únete a él

Recuperación natural/Atenuación natural

- En el suelo tienen lugar procesos naturales que tienden a inmovilizar y disminuir la toxicidad de los elementos

Recuperación

- Los procesos naturales se pueden acelerar
 - adición de enmiendas
(caliza, fosfatos, materia orgánica)
 - fijación mediante plantas
- } **Estabilización**
- El objetivo final es la reducción de la movilidad/biodisponibilidad

Recuperación Natural Asistida

- técnica de rehabilitación blanda o de bajo impacto
- la incorporación de enmiendas y el establecimiento de plantas
- enfoque más natural y respetuoso con el medio natural que otros métodos clásicos de recuperación basados en tratamientos físico-químicos
- menos costosa
- mucho más apropiada para aplicarla a grandes extensiones de suelos contaminados

Aplicación de la RNA a suelos contaminados con Elementos Traza

— Caliza

- Efectiva para los elementos traza catiónicos.
- Aumenta la biodisponibilidad y el lixiviado de los aniónicos (Mo, As, Cr)

— Fosfatos

- Insolubiliza los contaminantes elementos traza catiónicos.
- Desorbe los aniónicos (As)

— Óxidos de Fe, Al

- Insolubiliza los elementos traza aniónicos (As)

Aplicación de la RNA a suelos contaminados con Elementos Traza

– Materia orgánica

Disminuye la toxicidad (precipitación; complejación)

- Estabilización por la fase sólida de la materia orgánica
- Adsorción y quelatación por sustancias húmicas. Su eficiencia depende de la relación AH/AF:
 - $P_m \text{ AH} > 5000$; $P_m \text{ AF} < 10000$
 - si $\text{AH} > \text{AF}$? Precipitación
 - si $\text{AH} < \text{AF}$? Aumenta la movilidad (complejos solubles, disolución de precipitados, desorción).
- Formación de complejos terciarios “mineral-materia orgánica-elemento traza”
- Efecto sobre el pH del suelo
- Efecto sobre la calidad del suelo

Ejemplo de Recuperación Natural Asistida de un suelo ácido contaminado con elementos traza

Área de Estudio

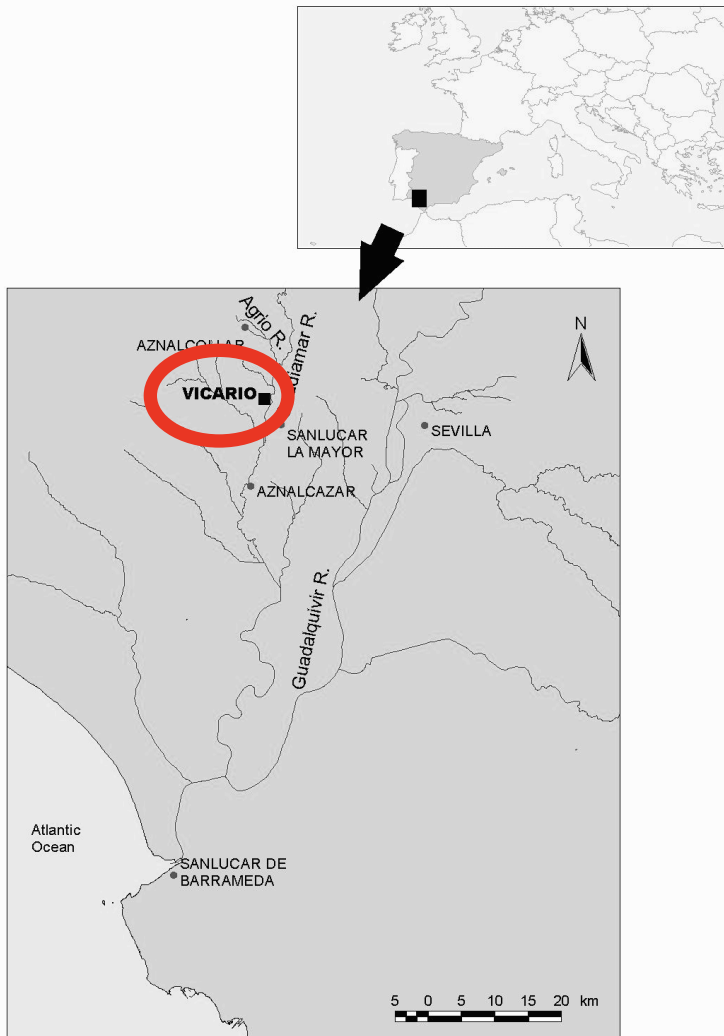


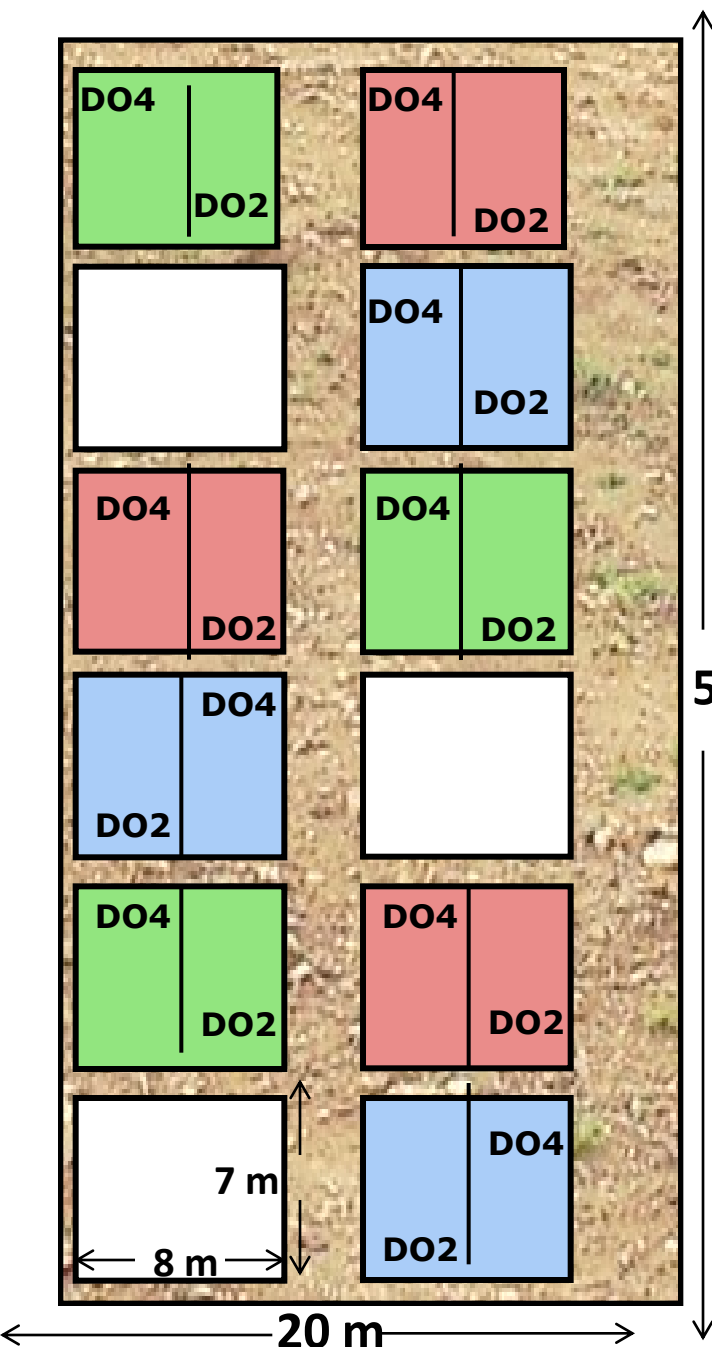
Área de Estudio

Finca El Vicario, suelo Typic Xerofluvent, franco, ácido, moderadamente contaminado con elementos traza

pH		3,86	Valores de fondo
COT	%	0,92	
As	mg kg ⁻¹	211	18,9
Cd	mg kg ⁻¹	4,4	0,33
Cu	mg kg ⁻¹	119	30,9
Pb	mg kg ⁻¹	471	38,2
Zn	mg kg ⁻¹	381	109

Suelo contaminado del accidente de Aznalcóllar al que se le había removido el lodo depositado **en superficie**, junto con los primeros 10-20 cm de suelo





Diseño experimental

CTR, CONTROL

EA, ESPUMA DE AZUCARERA

CB, COMPOST DE BIOSÓLIDOS

LEO+EA, LEONARDITA Y ESPUMA DE AZUCARERA

50 m

Aplicación de enmiendas

Primera fase (2002-2005):

- dos aplicaciones: **DO2**, 2002 y 2003

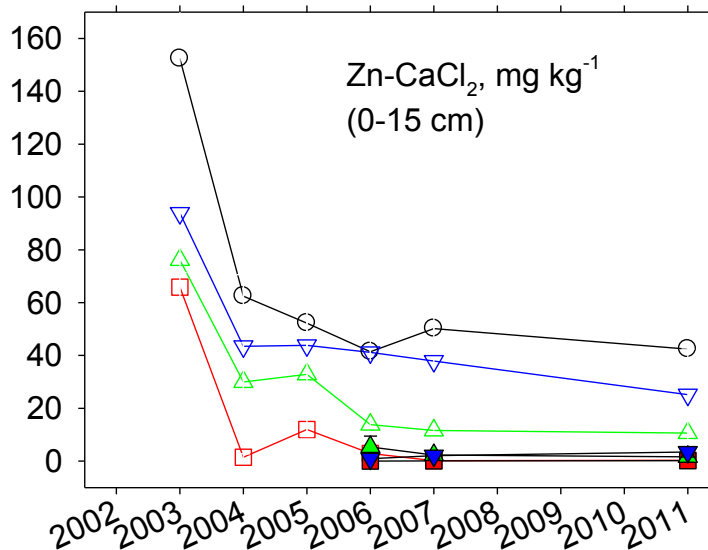
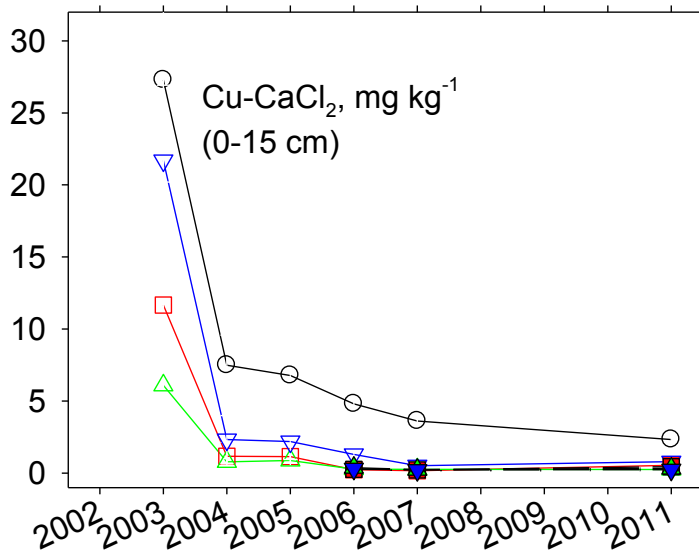
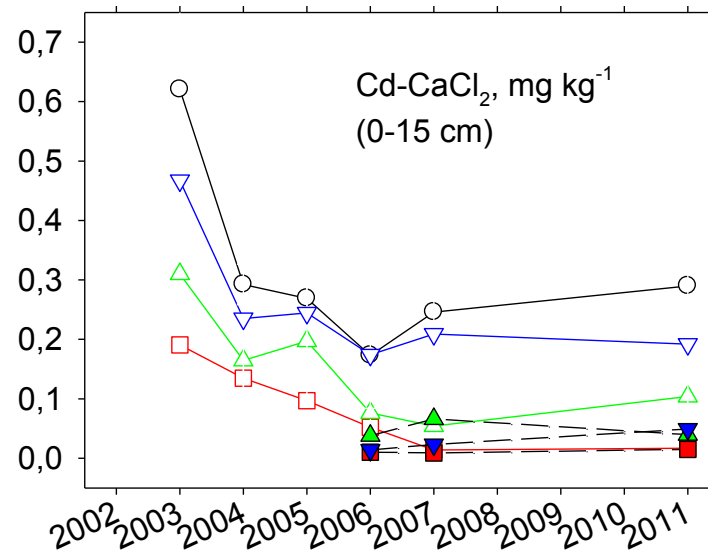
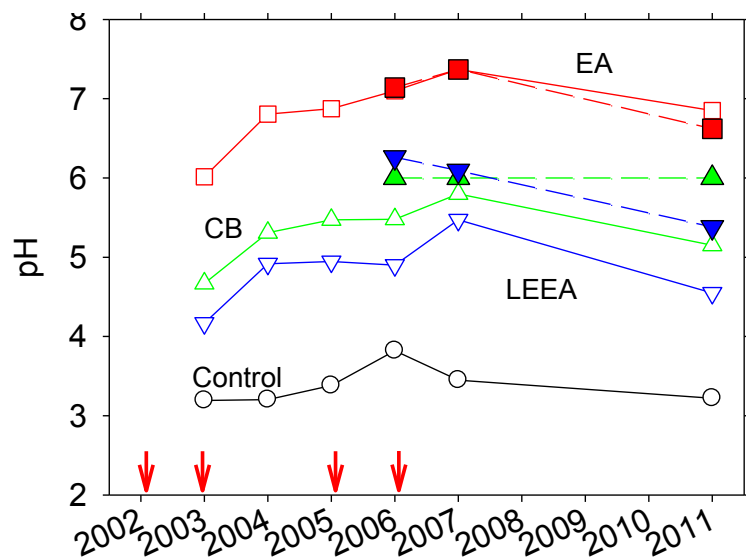
Segunda fase (2005-2007):

- en 2005, se dividen las parcelas por la mitad
- dos aplicaciones: **DO4**, 2005-2006

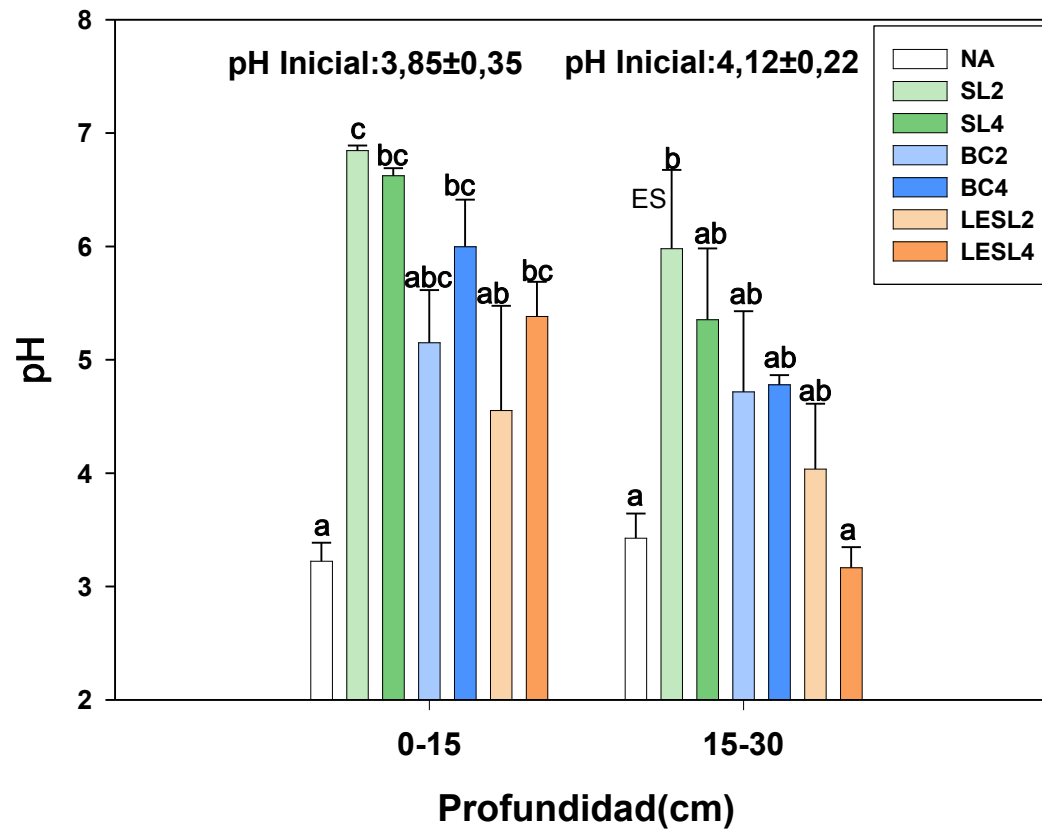
Dosis

- EA y CB: 30 Mg ha⁻¹
- LEO+EA : 25 Mg ha⁻¹ + 10 Mg ha⁻¹

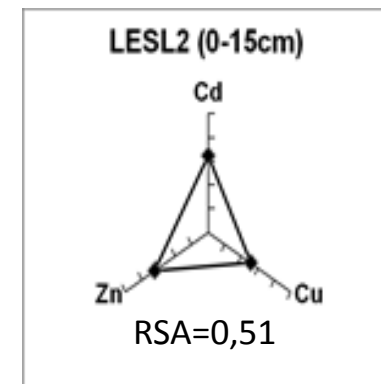
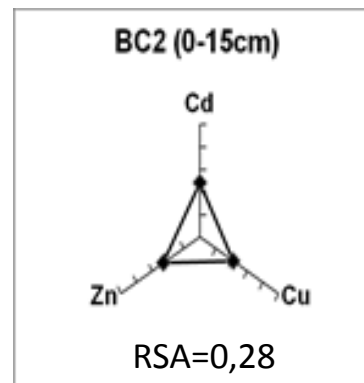
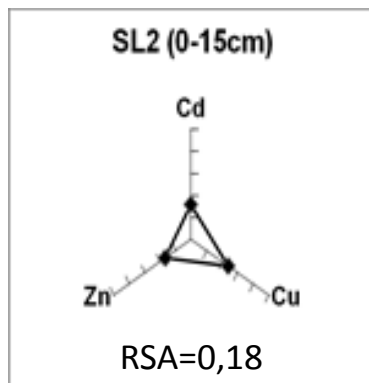
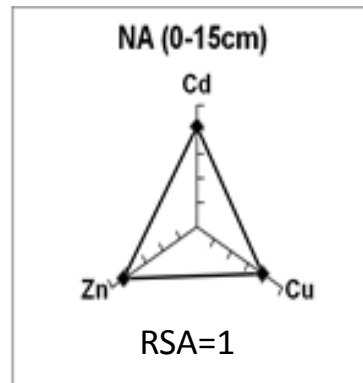
Evolución del pH y de las concentraciones de ET “disponibles”



pH del suelo en 2011

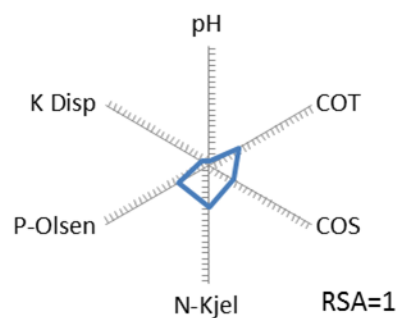


Índice de contaminación en 2011

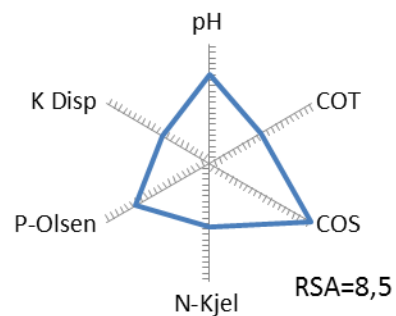


Fertilidad Química en 2011

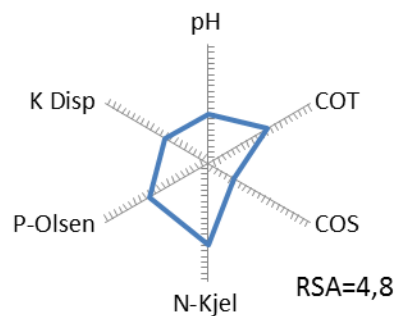
NA 0-15 cm



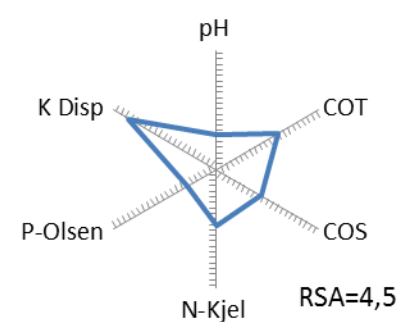
SL2 0-15 cm



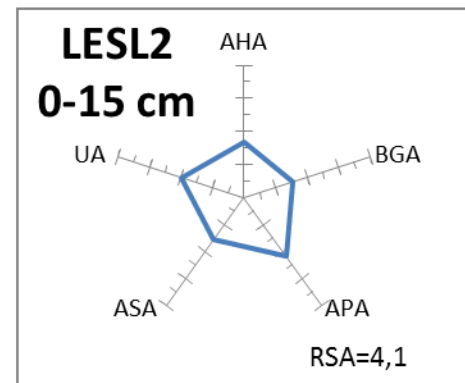
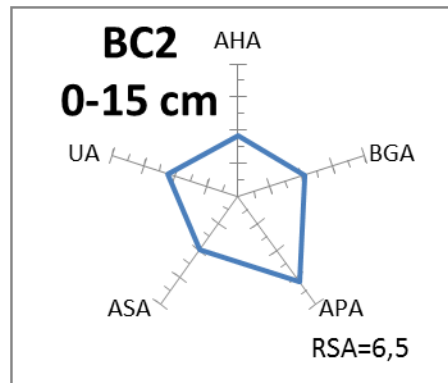
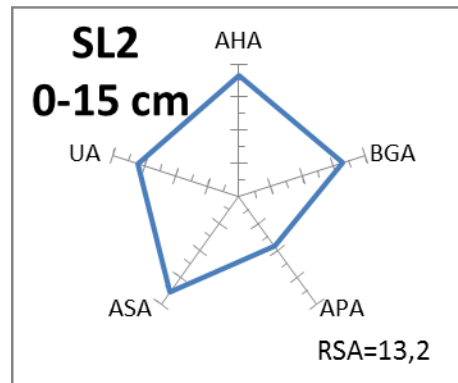
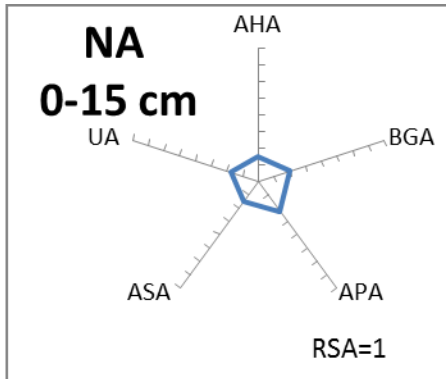
BC2 0-15 cm



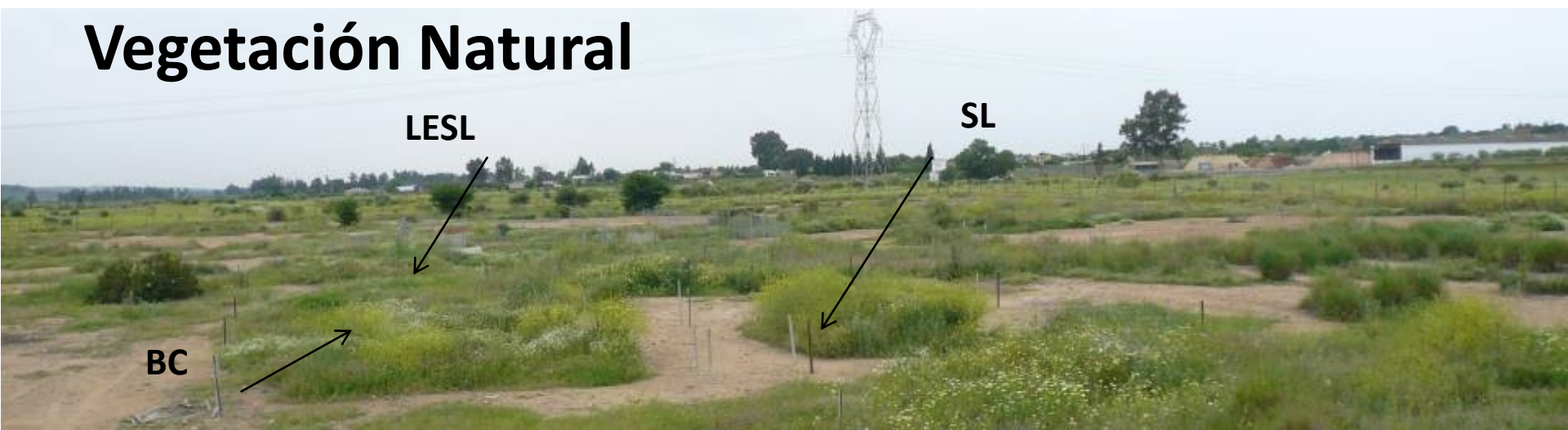
LESL2 0-15 cm



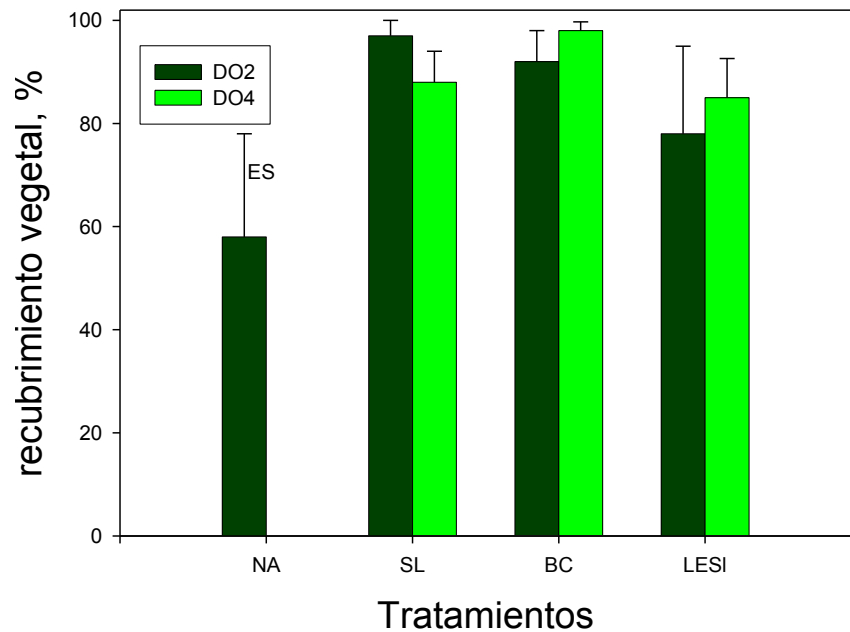
Fertilidad Bioquímica en 2011

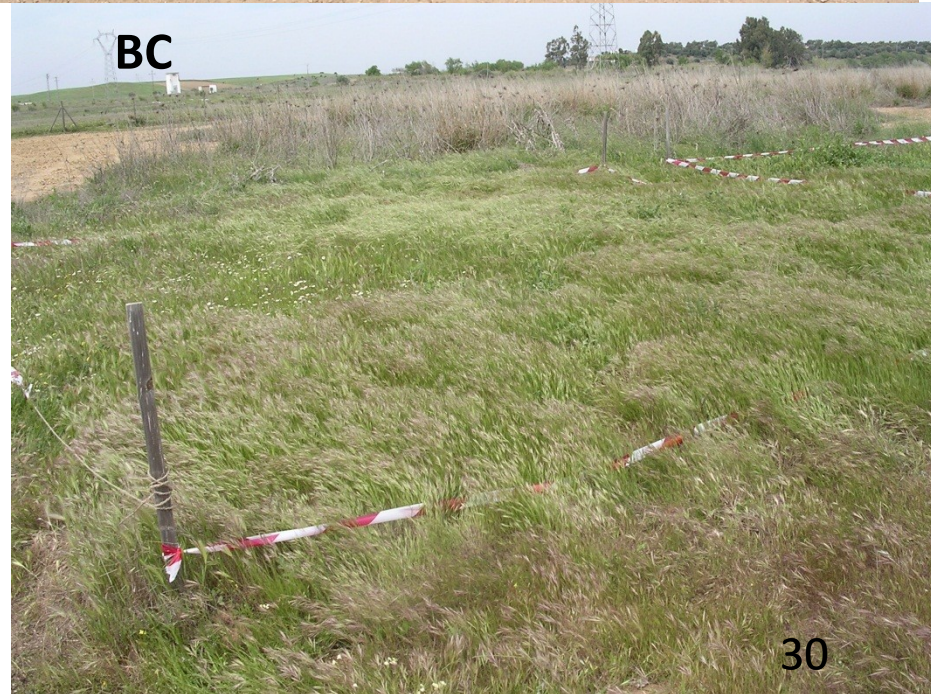
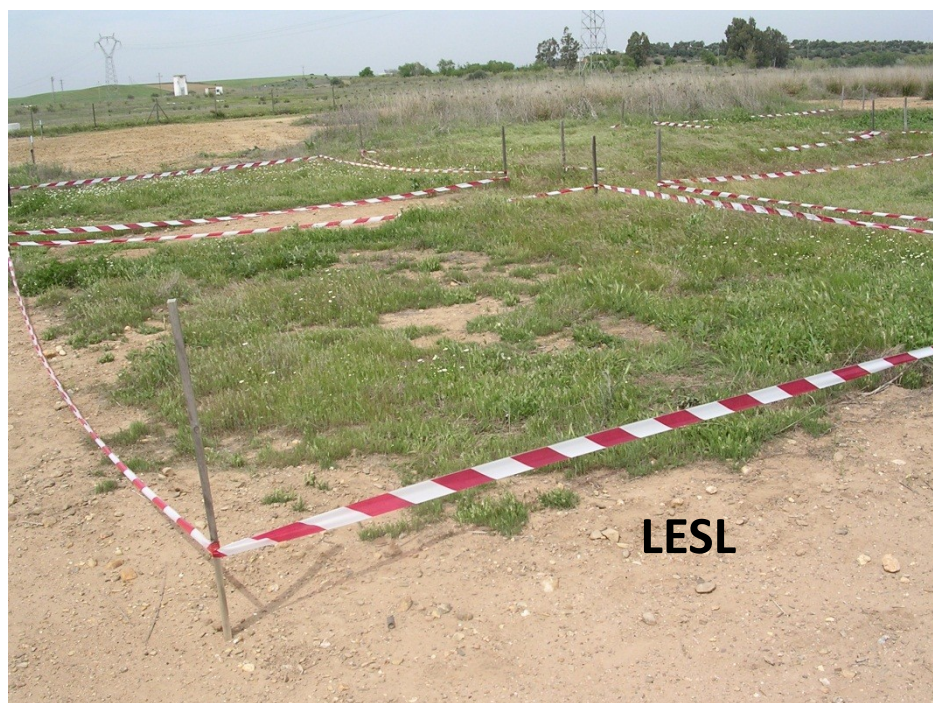
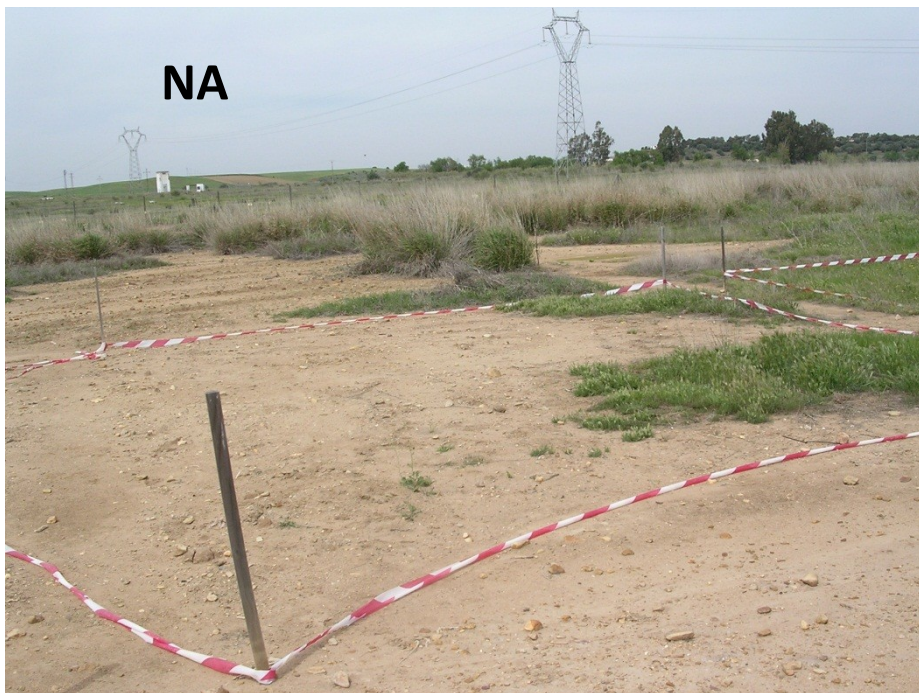


Vegetación Natural



- La colonización por especies espontáneas se potenció con las enmiendas
- Mayor recubrimiento vegetal en las parcelas enmendadas
- No se encontraron diferencias significativas entre DO2 and DO4





Compost de biosólidos en Recuperación Natural Asistida



Conclusiones

La aplicación de residuos orgánicos compostados

- Mejora las propiedades químicas y bioquímicas de los suelos
- Disminuye la concentración de contaminantes en la disolución del suelo (movilidad/ disponibilidad).
- Favorecen la colonización, el establecimiento de especies vegetales espontáneas y el aumento del recubrimiento vegetal

Gracias por su atención

